

DOI: 10.7672/sgjs2024210028

# 大空间城市综合体功能提升与改造技术\*

张腾飞,洪四海,梅国栋,方仁能,陈冲

(中国建筑第五工程局有限公司,湖南长沙 410000)

**[摘要]** 以徐州德基广场C地块项目为依托,研究满足功能提升及结构性能提高的大空间城市综合体改造施工技术,主要涉及超高层结构抗震性能增强、超高层核心筒内缩、商业裙楼及地下室内部布局调整和建筑外围造型变化等。东塔楼10~12层核心筒竖向构件斜向收缩2m,逐层内收,避免墙体竖向刚度突变,并增加每层外围户内面积。将东塔楼斜向钢板剪力墙调整为劲性柱剪力墙,提高结构自身刚度,满足斜向施工要求。采取原结构拆除、粘贴钢板、粘贴碳纤维布、扩大梁柱截面、新增剪力墙、新增梁板、新增梁抬柱等措施完成商业裙楼及地下室功能提升、布局调整与建筑外围造型变化。

**[关键词]** 公共建筑;既有建筑;城市综合体;改造;施工技术

**[中图分类号]** TU74

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 2097-0897(2024)21-0028-05

## Function Improvement and Reconstruction Technology of Large Space Urban Complex

ZHANG Tengfei, HONG Sihai, MEI Guodong, FANG Renneng, CHEN Chong

(China Construction Fifth Engineering Bureau Co., Ltd., Changsha, Hunan 410000, China)

**Abstract:** Based on the C block project of Xuzhou Deji Plaza, this paper studies the construction technology of large space urban complex reconstruction caused by the improvement of function and structural performance. The reconstruction mainly involves the seismic performance enhancement of super high-rise structures, the internal shrinkage of super high-rise core core tubes, the internal layout adjustment of commercial podiums and basements, and the changes in the shape of the building periphery. The vertical members of the east tower 10~12 floors core tube are inclined to shrink by 2m, which avoids the sudden change of the wall vertical stiffness and increases the indoor area of each layer. The oblique steel plate shear wall of the east tower is adjusted to the rigid column shear wall to improve the stiffness of the structure and meet the requirements of oblique construction. Measures such as removing the original structure, pasting steel plates, pasting carbon fiber cloth, expanding the cross section of beams and columns, adding shear walls, adding beams and slabs, and set columns on beams were adopted to complete the commercial podium and basement functional improvement, layout adjustment and building peripheral modeling changes.

**Keywords:** public buildings; existing buildings; urban complex; transformation; construction

### 0 引言

城市综合体是将城市中的商业、办公、公寓、酒店、展览、停车场等城市活动空间的3种以上进行组合,通过空间流线与交通组织等在各部分之间建立相互依存、相互助益的能动关系,从而形成多功能、

高效率、复杂而统一的综合性建筑或建筑群<sup>[1]</sup>。城市综合体具有多功能、综合性和便捷性等特点,在城市发展中具有重要作用。随着城镇化进程的不断加快,城市综合体规模不断扩张。然而,某些早期建设的城市综合体功能逐渐滞后,无法满足现代城市居民需求。因此,需对城市综合体进行功能提升与改造。

孙孝宇等<sup>[2]</sup>以广州财富天地广场改造项目为依托,开展了三维激光扫描技术和BIM技术在城市

\* 中建五局科技研发课题:大空间城市综合体功能提升结构改造关键技术研究(CSCEC5b-2022-72)

[作者简介] 张腾飞,工程师,E-mail:tf465852@yeah.net

[收稿日期] 2024-06-01

综合体改造项目中的应用。施雯琦<sup>[3]</sup>以上海油罐艺术中心为例,对工业建筑民用化改造及功能提升技术进行了研究。王军等<sup>[4]</sup>以沈阳大悦城改造项目为例,对既有商业建筑功能提升与改造关键技术进行了研究,给出了功能分区、室内外环境营造和节能设计方案等。杨靖等<sup>[5]</sup>以位于上海市淮海中路的某大型商业建筑为例,对其进行了综合改造与功能提升,提出了系统化节能改造措施。对既有大空间城市综合体进行改造时,在保留上部结构的基础上需合理利用地下空间。李湛等<sup>[6]</sup>提出了新建地下结构、增加既有地下结构层数或层高、改变既有地下结构平面与竖向布置等方式,实现了既有建筑地下空间拓展与功能提升。

## 1 工程概况

徐州中央国际广场建设项目原设计功能为办公楼、酒店,停工前地下室结构已施工完成,裙楼已施工完成部分结构,东塔楼核心筒结构施工完成至14层,西塔楼核心筒结构施工完成至8层。续建后更名为徐州德基广场C地块项目,为高端大型城市商业综合体,用地范围北至淮海路、东至彭城路、西至中山路、南至青年路,使用功能变更为商业、娱乐场所及酒店式公寓,总建筑面积地下约11万 $\text{m}^2$ 、地上约35万 $\text{m}^2$ ,由双塔楼(地上62层)、裙楼(地上局部11层)、地下商业及城市广场组成。大空间结构主要位于裙楼中庭位置及影院上空,中庭位置平面形式为异形,其中,IMAX影院区域层高达到了15.9m。裙楼设计功能目标变更为购物中心、餐饮场所及影院等。改造前后项目效果如图1所示。



图1 徐州德基广场C地块项目效果

Fig. 1 The effect of Xuzhou Deji Plaza C block project

## 2 功能提升与改造需求

续建时进行了功能提升与改造,需将东塔楼12层以上功能由办公楼调整为公寓,同时减小公共区域面积、增加后期得房率。

由于相关规范的修订,对结构性能提出了更高要求,原西塔楼抗震性能不满足最新要求,需增强结构抗震性能。

为满足城市综合体相关业态和使用功能要求,需对商业裙楼及地下室布局进行整体调整,对内部小业态格局进行优化,对建筑外围造型进行更改。

## 3 功能提升与改造主要内容

本工程进行的功能提升与改造具有范围广、加固方式多样等特点。将东塔楼原核心筒结构由14层机械切割拆除至9层,10~12层核心筒竖向构件斜向收缩2m,逐层内收,使墙体在竖向位置平缓变化,保持连续,避免了竖向刚度的突变,且每层外围户内面积增加了约200 $\text{m}^2$ ,总体得到约9800 $\text{m}^2$ 可使用面积。斜墙收进方案的优点为核心筒上下墙体连续,传力直接,在墙体倾斜角度设计合理的情况下楼层刚度变化均匀<sup>[7-8]</sup>。为抵抗上部荷载对斜墙段向外的挤压作用,在东塔楼10~13层板面高度处设置环梁、劲性梁、劲性钢板等结构加强构造,锚固于9层竖向构件,与原结构进行有效连接。

对于西塔楼,在原结构的基础上主要进行结构抗震性能增强,采取粘贴钢板、新增剪力墙等措施进行加固改造。新增剪力墙与原有墙肢形成组合墙肢或分担原有墙肢轴力,对于原结构无法新增剪力墙位置的墙柱,采用外包钢法进行加固。

通过结构受力验算,在商业裙楼及地下室功能提升布局改造中采取原结构拆除、粘贴钢板、粘贴碳纤维布、扩大梁柱截面、新增剪力墙等措施进行加固改造。改变建筑外围造型时,采取结构拆除、新增梁板与梁抬柱等措施。

## 4 超高层东塔楼改造关键技术

### 4.1 施工重难点

1) 超高层东塔楼核心筒剪力墙厚1m,单块构件质量超过塔式起重机吊重。

2) 原结构拆除后截取的留置竖向钢筋直径 $>32\text{mm}$ 且无丝头,无法采用常规钢筋连接工艺。

3) 原结构剪力墙斜向收缩内部为钢板剪力墙,竖向钢板刚度不足,无法满足现场斜向施工要求,同时需留置大量水平钢筋穿筋孔,施工难度较大。

4) 对于斜墙段区域,为抵抗上部荷载对斜墙段向外的挤压作用,内部墙连梁增加劲性梁,两端锚入环梁内,但环梁钢筋及剪力墙钢筋叠加放置,且分布密集,劲性梁难以锚入。

### 4.2 关键施工技术

1) 大型构件吊装

安全防护措施落实并验收合格后将拆除设备

吊运至作业面,开始进行拆除作业。严格按照先拆除楼板、次梁及主梁,再拆除剪力墙及框架柱的顺序施工。根据塔式起重机吊重,为确保安全,需预留15%~20%的性能,提前进行不同构件吊装块质量计算。模拟分析选择最佳吊点位置,确保大型构件实现精准对接和就位。拆除过程中严格按照体积控制线进行切割,为保证后续结构的有效连接,需根据设计要求留置一定长度的竖向钢筋。由于核心筒剪力墙钢筋密集,采用静力爆破拆除会影响爆破参数,达不到预期效果。因此,采用人工剔凿的方式剔除混凝土。

## 2) 钢筋连接施工

灌浆套筒连接及帮条焊焊接等工艺可满足本工程超高层塔楼竖向钢筋连接节点施工要求,其中帮条焊在施工工效及经济效益方面具有一定优势。采用单面帮条焊可得到性能良好的焊接接头<sup>[9]</sup>。因此,本工程选用帮条焊进行新旧结构竖向钢筋连接。

## 3) 斜向钢板剪力墙施工

在原结构设计中,剪力墙斜向收缩方向内部为单纯的钢板剪力墙,存在竖向钢板刚度不足、易发生失稳等问题,需同时留置大量水平钢筋穿筋孔,导致无法满足现场斜向施工要求,且交叉施工难度较大。经现场调研与设计分析后,将钢板剪力墙调整为劲性柱剪力墙(见图2,3),提高了结构自身刚度,可在不借助其他措施的情况下达到相应斜度要求,同时劲性柱之间有一定的距离,在很大程度上避免了水平钢筋穿钢板的情况,降低了施工难度。

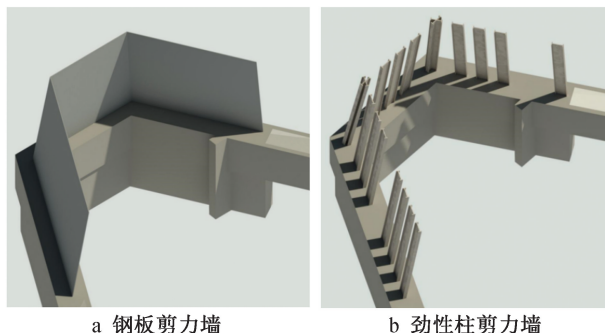


图2 剪力墙优化

Fig. 2 Optimization of shear walls

## 4) 劲性梁施工

对于斜墙段区域(见图4),内部墙连梁需增加劲性梁,但劲性梁两端难以锚入环梁内。经设计分析,采用HRB500高强度螺纹钢进行等强度替代劲性梁锚入周圈环梁内,等代钢筋与劲性梁焊接,如图5所示。在核心筒斜墙及上部结构的作用下,可



图3 剪力墙施工

Fig. 3 Construction of shear walls

有效解决劲性梁与外围剪力墙的锚固施工难题,使结构更加安全、稳定,满足规范要求,操作更加简便、有效。

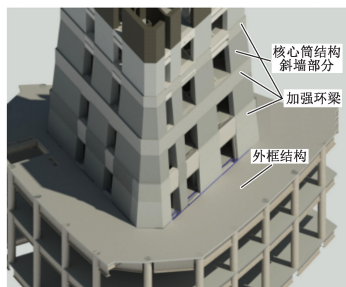


图4 核心筒斜墙与环梁布置

Fig. 4 Inclined walls and ring beams arrangement of core tube

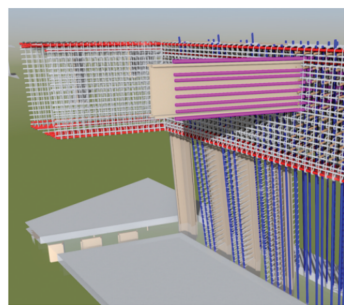


图5 等代钢筋与劲性梁连接示意

Fig. 5 Connection of equivalent steel bars and stiff beams

## 5 商业裙楼及地下室改造关键技术

### 5.1 施工重难点

#### 1) 相邻楼层钢板遇梁板时受力不连续

部分框架柱无法满足改造后结构承载力要求,为此增加了部分混凝土柱包钢措施,保证在结构梁与板的影响下钢板带受力贯通性为施工难点。

#### 2) 钢管柱与新增混凝土梁板连接问题

裙楼布局需进行调整,原中庭取消,需在原结构中庭钢管混凝土柱周边增加混凝土梁板,保证新

增梁板与钢管混凝土柱连接质量为施工难点。

### 3) 新增钢骨梁、梁抬柱施工问题

原结构外观不能满足当前需求,需改变原结构外围构造形式。在地下室顶板处增加了部分钢骨梁及梁抬柱,用于承受因结构外围调整增加的11层结构荷载,保证钢骨梁安装质量为施工难点。

### 4) 小扩截面部位混凝土振捣问题

扩截面改造施工过程中,对于小扩截面部位,浇筑混凝土时振捣泵无法下插进行振捣,而常规的人工敲打方式效率低、效果差,提高小扩截面新增结构混凝土振捣密实度为施工难点。

## 5.2 关键施工技术

### 1) 等代钢筋连接

商业裙楼及地下室布局调整后,造成相邻楼层钢板遇梁板时受力不连续,部分竖向构件抗剪强度不足,因此增加包钢措施保证在结构梁板的影响下钢板条整体受力满足要求。混凝土柱包钢过结构梁板时采用等强度钢筋进行代替,通过等代钢筋将竖向钢板条连成整体,如图6所示。



图6 等代钢筋与钢板条连接示意

Fig. 6 Connection of equivalent steel bars and steel strips

### 2) 新增梁板与钢管混凝土柱连接

裙楼布局调整时需在原结构钢管混凝土柱周边增加混凝土梁板,需保证新增梁板与钢管混凝土柱连接质量。在新增梁标高范围内紧贴钢管混凝土柱增加柱帽,作为新增梁板连接点,钢管混凝土柱外围包裹1圈带有栓钉的钢衬板,衬板上下端部与钢管混凝土柱满焊连接,局部留孔与钢管混凝土柱塞孔焊接,增加竖向承载力,如图7所示。

### 3) 新增钢骨梁、梁抬柱施工

由于对原结构外围进行了较大变动,需在地下室局部顶板增加钢骨梁及梁抬柱,用于承受因边线调整增加的11层结构荷载。为保证钢骨梁安装质量,需确保新增钢骨梁与原结构柱有效连接。将钢骨梁牛腿锚板通过后置多根倒锥形锚栓与原结构柱进行连接,由于原结构柱钢筋对锚栓位置的影响较大,因此先安装锚栓,将锚栓实际定位图反馈给

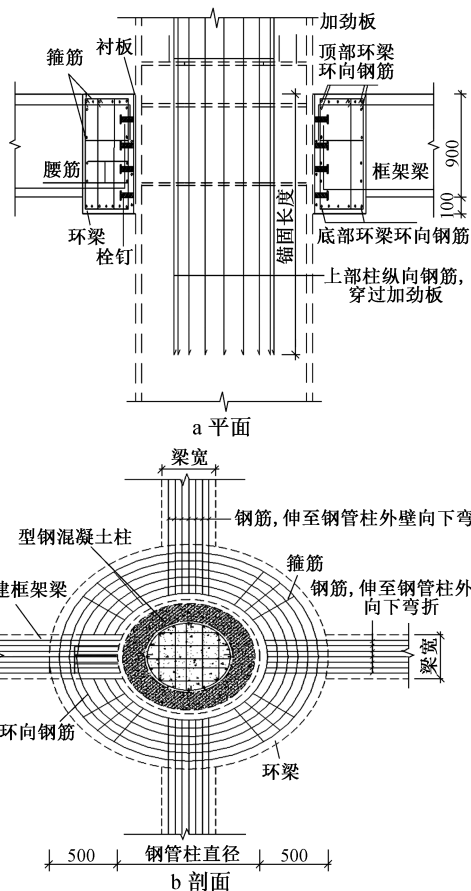


图7 连接节点

Fig. 7 Connection nodes

加工厂,依此开设钢骨梁牛腿锚板螺栓孔,保证锚板孔位与现场锚栓位置一致,以方便安装,新增钢骨梁、梁抬柱施工模拟如图8所示。

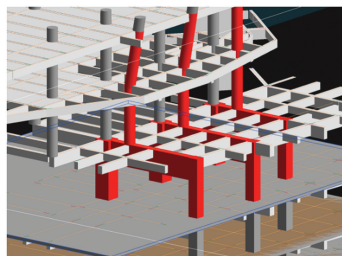


图8 新增钢骨梁、梁抬柱施工模拟

Fig. 8 Construction simulation of new steel beam and setting columns on beams

### 4) 小扩截面部位施工

对于小扩截面部位,在振捣泵无法使用的情况下,通过研发高效附模振动装置提高新增结构混凝土成型密实度及观感质量。

## 6 结语

由于建造标准和年代不同,部分既有公共建筑存在能耗高、室内环境差、综合防灾性能低等情况,对其进行综合性能提升与改造是建筑业可持续发

展的举措之一,且有利于推进新型城镇化建设、促进建筑业转型升级。

徐州德基广场C地块项目改造内容具有范围广、加固方式多样等特点,超高层东塔楼改造施工时,通过进行大型构件模拟吊装分析,解决了单块构件质量超过塔式起重机吊重的问题;采用帮条焊进行新旧结构竖向钢筋连接,解决了原结构拆除后留置竖向钢筋无法采用常规钢筋连接工艺的问题;通过将钢板剪力墙调整为劲性柱剪力墙,满足了现场斜向施工要求;斜墙段通过采用HRB500高强度螺纹钢进行等强度替代劲性梁锚入周圈环梁内,解决了劲性梁与外围剪力墙的锚固问题。商业裙楼及地下室改造施工时,为避免相邻楼层钢板遇梁板时受力不连续,增加包钢措施,混凝土柱包钢过结构梁板时采用等强度钢筋进行代替;为保证新增梁板与钢管混凝土柱连接质量,增加柱帽作为新增梁板连接点,并在柱外包裹钢衬板,衬板与柱满焊连接;为适应建筑外围的变动,并承受因边线调整增加的结构荷载,设置钢骨梁与梁抬柱;为保证小扩截面部位混凝土浇筑质量,研发高效附模振动装置进行混凝土振捣。

#### 参考文献:

- [1] 蓝健. 城市综合体——南京德基广场建筑设计[J]. 建筑与文化, 2020(9):12-19.  
LAN J. City complex: Architecture design of Nanjing Deji Plaza [J]. Architecture & culture, 2020(9):12-19.
- [2] 孙孝宇, 刘星, 易咸辉, 等. BIM 技术在城市综合体改造项目中的创新应用[J]. 安装, 2022(8):39-41.  
SUN X Y, LIU X, YI X H, et al. Innovative application of BIM in urban complex renovation project [J]. Installation, 2022(8):39-41.
- [3] 施雯琦. 工业建筑民用化改造及功能提升技术研究——以上海油罐艺术中心为例[J]. 中国水运(下半月), 2022, 22(6):155-157.  
SHI W Q. Research on civil transformation and function

improvement technology of industrial buildings: Taking Tank Shanghai as an example [J]. China water transport, 2022, 22(6):155-157.

- [4] 王军, 丁玲, 常艺. 既有商业建筑功能提升与改造关键技术研究——以沈阳大悦城改造项目为例[J]. 建筑与文化, 2020(6):160-163.  
WANG J, DING L, CHANG Y. Research on functional enhancement and key technologies for transformation of existing commercial buildings: Take Shenyang Joy City reconstruction project as an example [J]. Architecture & culture, 2020(6):160-163.
- [5] 杨靖, 张蕊. 商业建筑综合改造功能提升实践与效果分析[J]. 住宅科技, 2017, 37(10):46-50.  
YANG J, ZHANG R. Practice and performance analysis of comprehensive transformation and function enhancement for commercial building [J]. Housing science, 2017, 37(10):46-50.
- [6] 李湛, 李钦锐. 新建内嵌式地下结构的既有建筑地下空间拓展技术[J]. 施工技术(中英文), 2022, 51(3):74-79.  
LI Z, LI Q R. Expansion technology of underground space for existing building with new built-in underground structure [J]. Construction technology, 2022, 51(3):74-79.
- [7] 刘宏, 熊海明, 程燕妮. 某超高层建筑剪力墙及柱子的加固与改造设计[J]. 工程抗震与加固改造, 2010, 32(4):86-89.  
LIU H, XIONG H M, CHENG Y N. Retrofit of shear walls and columns of a super high-rise building [J]. Earthquake resistant engineering and retrofitting, 2010, 32(4):86-89.
- [8] 邹忠华. 徐州德基广场超高层续建项目结构改造方案设计[J]. 建筑技术开发, 2022, 49(21):10-12.  
ZOU Z H. Structural renovation scheme design of Xuzhou Deji Plaza super high-rise extension project [J]. Building technology development, 2022, 49(21):10-12.
- [9] 傅彦青, 张菁, 李洁, 等. 单面帮条焊焊接 HRB500a 和 HRB500c 耐蚀钢筋的力学性能[J]. 工业建筑, 2021, 51(3):180-183, 141.  
FU Y Q, ZHANG J, LI J, et al. Mechanical properties of HRB500a and HRB500c corrosion resistant rebars with indirect butt splices in single and welding [J]. Industrial construction, 2021, 51(3):180-183, 141.

#### (上接第27页)

- [8] 孙学根, 牛忠荣, 李兆峰, 等. 大跨度空间结构卸载过程模拟分析与监测[J]. 建筑结构, 2018, 48(11):70-77.  
SUN X G, NIU Z R, LI Z F, et al. Simulating analysis and monitoring of unloading process of large-span spatial structure [J]. Building structure, 2018, 48(11):70-77.
- [9] 沈雁彬, 罗尧治, 傅文炜, 等. 杭州亚运会主体育场结构健康监测与分析[J]. 建筑结构学报, 2024, 45(3):81-91.

SHEN Y B, LUO Y Z, FU W W, et al. Structural health monitoring and analysis of main stadium of the Hangzhou Asian Games [J]. Journal of building structures, 2024, 45(3):81-91.

- [10] 彭玉丰, 罗永峰. 大跨度钢桁架吊装过程分析[J]. 结构工程师, 2011, 27(4):45-49.  
PENG Y F, LUO Y F. Hoisting analysis of a large-span spatial truss [J]. Structural engineers, 2011, 27(4):45-49.